

自动化工程师职业培训丛书

电气控制 技术基础及应用

主 编 刘新宇
副主编 张法全 沈满德



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TM921.5/66

2010

自动化工程师职业培训丛书

电气控制 技术基础及应用

主 编 刘新宇
副主编 张法全 沈满德
参 编 吴振军 闫亚东 姜利英



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内容提要

本书为《自动化工程师职业培训丛书》之一。

本书对常用的电气控制线路和 PLC 指令进行了详细介绍,并针对相关内容列举了相应的典型实例,使学习者能尽快掌握电气控制这门课程。本书立足实际,强调实用,给出了大量的实用性很强的应用实例,并对每一个实例进行了详尽分析,以提高学习者对可编程控制工程应用的认识。

本书可作为从事电子技术、电气技术、自动化技术人员的工作参考书,又可以作为高等院校自动化、电气技术及相关专业的教材,同时还可作为各类职业培训机构的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术基础及应用 / 刘新宇主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

(自动化工程师职业培训丛书)

ISBN 978-7-5083-9336-0

I. 电… II. 刘… III. 电气控制技术—培训—教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 147082 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月北京第一次印刷

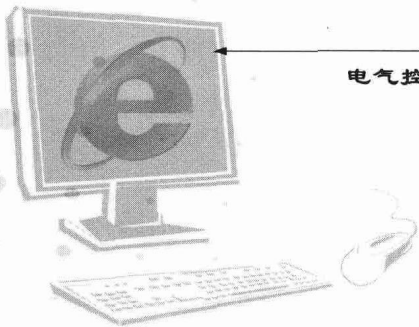
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 332 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



随着自动控制技术的不断发展,以微处理器为核心,将微型计算机技术、继电接触控制技术、网络通信技术有机地融为一体的可编程控制器(简称 PLC 或 PC),正在逐步取代复杂的继电器—接触器控制系统。但是,由于电器控制与可编程控制器本是起源于同一体系的,只是发展的阶段不同,在理论和应用上是一脉相承的,因此有必要对早期经典的继电接触控制进行了解,为尽快掌握可编程控制技术打下坚实的基础。与其他同类书籍相比,本书具有以下三个方面的鲜明特色:

(1) 承前启后,过渡平稳。由于学习可编程控制器的目的就是为了更好地实现电气控制,为此在本书的前三章介绍了电气控制的相关内容,有利于 PLC 编程应用从入门到精通的衔接学习,使可编程控制与电气控制技术融为一体。

(2) 内容翔实,叙述详尽。本书对常用的电器控制线路和所有的 PLC 指令进行了详细的介绍,并针对相关内容列举了相应的典型实例,使学习者能尽快掌握电气控制这门技术。

(3) 立足实际,强调实用。本书给出了大量的实用性很强的应用实例,并对每一个实例进行了详尽的分析,以提高学习者对可编程控制工程应用的认识。

本书既可作为电子技术、电气技术、自动化技术人员的参考书,又可以作为高等院校自动化、电气技术及相近专业的教材,还可作为各类职业培训机构的培训教材。

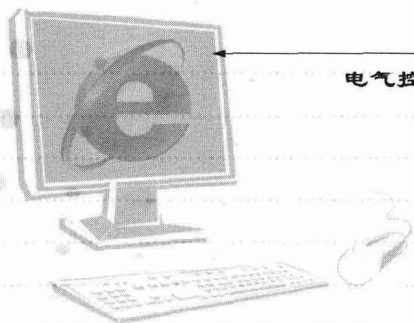
本书共八章,第一章主要介绍常用低压电器的原理、用途和选型,并且对目前电气控制领域中的一些新型器件也作了必要的介绍。第二章介绍了电气控制线路设计的基本原则、基本环节及其绘制方法。第三章重点列举了典型电气控制线路,并对其进行详尽的分析。第四章主要介绍了 S7-200 可编程控制器基础知识。第五章对 S7-200 PLC 指令系统作了详细讲解,而且几乎每条指令都有相应的实例说明。第六章主要介绍了 STEP 7 的编程环境及相关知识。第七章介绍了可编程序控制器系统设计方法,给出了实用的应用案例,深入介绍了 S7-200 的实际应用。第八章首先介绍了 S7-200 网络通信的基本原理,然后对网络的硬件、协议及其应用做了相应的介绍,并给出了详尽的实例。

本书由刘新宇主编,负责全书的组织、统稿和修改工作,第一章和第五章由沈满德编写,第二章由张法全编写,第三章由吴振军编写,第四章由姜利英编写,第六章由张法全、姜利英和吴振军共同编写,第七章由闫亚东编写,第八章由姜利英和闫亚东共同编写。

限于作者水平,书中难免存在缺点和不足,殷切地希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

作者

2009年3月



前 言

第一章 常用低压控制电器	1
第一节 概述	1
第二节 接触器	2
第三节 继电器	9
第四节 熔断器	20
第五节 低压断路器和刀开关	22
第六节 主令电器	27
第二章 电气控制线路的基本组成	32
第一节 电气控制线路的绘制	32
第二节 电气控制线路的基本环节	39
第三节 三相异步电动机的启动控制	42
第四节 三相异步电动机的制动控制	49
第五节 三相异步电动机的调速控制	51
第六节 电气控制线路的设计方法	58
第三章 典型电气控制电路实例分析	67
第一节 电气控制线路分析基础	67
第二节 某工厂空调系统电气控制线路分析	68
第三节 变频调速恒压供水电气控制线路分析	70
第四节 C6140T 车床电气控制线路分析	72
第五节 X62W 卧式万能铣床电气控制线路分析	75
第四章 S7-200 可编程控制器基础	79
第一节 可编程控制器概述	79
第二节 可编程控制器的硬件组成	80
第三节 可编程控制器的软件组成	89
第四节 可编程控制器的工作原理	92
第五节 可编程控制器的性能指标及分类	94
第五章 S7-200 PLC 的指令系统	97
第一节 S7-200 PLC 编程基础	97
第二节 S7-200 PLC 的基本指令	106
第三节 S7-200 PLC 的基本功能指令	115

第四节	程序控制指令	134
第六章	STEP7-Micro/WIN 32 编程软件	141
第一节	STEP 7 编程软件的使用简介	141
第二节	项目的创建与调试	144
第三节	程序的调试及运行监控	151
第七章	PLC 控制器系统设计与应用	156
第一节	PLC 控制系统设计	156
第二节	PLC 控制系统设计中若干问题的处理	159
第三节	电动机Y— Δ 减压启动 PLC 控制系统	163
第四节	水塔水位的 PLC 控制	165
第五节	十字路口交通信号灯的 PLC 控制	167
第六节	机加工车间机械手的 PLC 控制	169
第七节	除尘室 PLC 控制	172
第八节	送料小车的 PLC 控制	173
第八章	S7-200 的通信与网络	177
第一节	通信的基本知识	177
第二节	工业局域网基础	184
第三节	S7-200 通信部件介绍	187
第四节	S7-200 PLC 的通信	191
参考文献		212



常用低压控制电器

①第一节 概 述

低压电器（简称电器）是用于交流 50Hz（或 60Hz）额定电压为 1200V 以下、直流额定电压为 1500V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器，如接触器、继电器等。电器可分为配电电器和控制电器两大类，它们是组成成套电气设备的基础配套元件，在电力输配电系统中得到广泛的应用。

一、常用低压电器的分类

低压电器的功能多，用途广，品种规格繁多，按其结构、用途及所控制对象的不同，可以有不同的分类方式。

（一）按电力拖动自动控制系统常用低压电器分类

1. 接触器

- （1）交流接触器。采用交流励磁，主触头用于交流主电路的通、断控制。
- （2）直流接触器。采用直流励磁，主触头用于直流主电路的通、断控制。

2. 继电器

- （1）电磁式继电器。根据信号不同电磁式继电器可分为电压、电流、温度、压力、时间等继电器。
- （2）双金属片式继电器。可分为热继电器、温度继电器、时间继电器。
- （3）可编程控制继电器，如德国西门子公司的 LOGO、金钟—墨勒公司的 easy 等。
- （4）特种继电器，如干簧继电器、磁电式继电器等。
- （5）执行继电器，如电磁铁、电磁阀、电磁离合器等。
- （6）电子式继电器，如固态继电器、电子漏电保护器、电动机保护继电器等。

3. 熔断器

熔断器是一种具有过载和短路保护功能的电器，是根据电流超过规定值一定时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化，从而使电路断开的原理制成的一种过电流保护器。它可分为瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、填料密封式熔断器、无填料密封式熔断器、快速式熔断器、自复式熔断器等。

4. 低压断路器

低压断路器是用于低压电路中，在电路或设备发生过载、短路等事故时，自动切断故障电路的低压电器。低压断路器包括以下几种类型：

- （1）万能框架式低压断路器。其绝缘衬垫的框架结构底座将所有的构件组装在一起，用于低压配电网路的保护。
- （2）塑壳式断路器。具有用模压绝缘材料制成的封闭型外壳，将所有的构件组装在一

起，用于配电网的保护和电动机、照明电路及电热器等设备控制开关。

(3) 快速直流断路器。具有快速电磁铁和强有力的灭弧装置，用于元件和整流保护。

(4) 限流式断路器。能在交流短路电流尚未达到峰值之前就把故障电路切断。

(5) 漏电保护器。用以对低压电网直接接触电和间接接触电进行有效保护。

5. 刀开关、转换开关

刀开关、转换开关分为单极、双极、三极等形式，并有多种安装形式。

6. 主令电器

主令电器包括按钮、指示灯、接近开关、行程开关、转换开关、微动开关等。

(二) 按用途分类

1. 控制电器

用于各种控制电路和控制系统的电器，例如，接触器、继电器、电动机启动器等。

2. 配电电器

用于电能分配的电器，例如，刀开关、熔断器等。

3. 主令电器

用于发送动作指令的电器，例如，按钮、转换开关等。

4. 保护电器

用于保护电路及用电设备的电器，例如，熔断器、热继电器等。

5. 执行电器

用于完成某种动作或传送功能的电器，例如，电磁铁、电磁离合器等。

二、我国低压控制电器的发展概况

低压电器是现代工业生产过程自动化的重要基础元件，也是组成电气成套设备的基础配套元件。它是低压电系统可靠运行、安全用电的基础和重要保证，在国民经济中起着不可替代的作用。我国低压电器产品的研发主要经历了三个阶段。第一阶段：20世纪60~70年代初，低压电器产品仅有29个系列，但大多是自行开发的产品，填补了我国低压电器工业空白，对我国低压配电和控制系统的发展起到了至关重要的作用，现已被淘汰；第二阶段：20世纪70年代末~80年代，产品进入更新换代时期，通过自行开发、技术引进、消化吸收等手段，更新换代产品达到了56个系列，产品的技术性能指标明显提高，在目前的市场占有率约为50%；第三阶段：20世纪90年代至今，我国抓住主要产品系列，跟踪国外新技术、新产品，与国外先进企业合作开发生产高性能、智能化、模块化、多功能化产品。目前虽然市场占有率不高，但逐年增长的趋势明显。

随着国民经济的发展，我国的电器工业虽然将会在一段时间内仍然落后于发达国家，但却有着相当大的发展空间。目前摆在输、变、配电设备制造业和开关行业制造厂家面前的问题是如何提高技术含量，生产出高质量的产品，满足电力工业不断发展的各种需要和服务。只有正视目前存在的问题并找出解决问题的方法，才能逐渐缩短与世界先进国家的差距，使我国的电器制造技术发展更高的水平，从而在市场竞争中占据有利地位。

② 第二节 接 触 器

接触器是一种自动控制开关设备，主要用于频繁接通或分断交、直流电路及大容量控制电路。根据线圈所加电压的不同，接触器可分为交流接触器与直流接触器两种。在工业生

产中，大多数主电路的通断都使用交流接触器，只有在一些特殊环境中才使用直流接触器。

一、接触器的结构及工作原理

接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧装置及其他部分组成，其结构简图如图 1-1 所示。

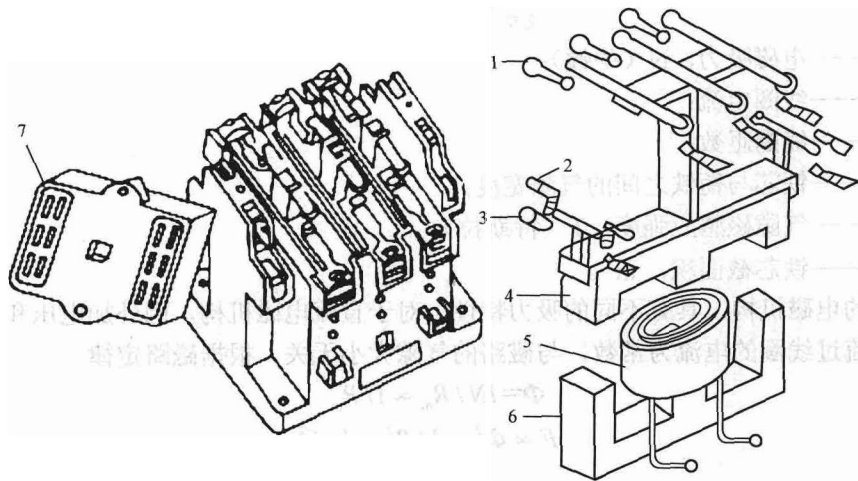


图 1-1 接触器结构简图

1—主触头；2—常闭辅助触头；3—常开辅助触头；4—动铁芯；5—电磁线圈；6—静铁芯；7—灭弧罩

（一）电磁系统

电磁系统是接触器的主要组成部分之一，主要由动铁芯、衔铁、线圈和复位弹簧等部件组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力使触头闭合或断开。电磁系统分类如下。

（1）按衔铁运动方式可分为以下三种：衔铁绕棱角转动拍合式、衔铁绕轴转动拍合式和衔铁直线运动螺管式，如图 1-2 所示。

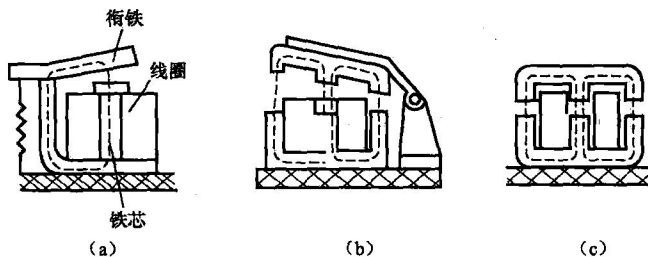


图 1-2 接触器电磁系统的结构图

(a) 衔铁绕棱角转动拍合式；(b) 衔铁绕轴转动拍合式；(c) 衔铁直线运动螺管式

图 1-2 (a) 中，衔铁绕磁轭的棱角而转动，磨损较小，铁芯用软铁做成，适用于直流接触器；图 1-2 (b) 中，衔铁绕轴转动，铁芯用硅钢片叠成，用于交流接触器；图 1-2 (c) 中，衔铁在线圈内作直线运动，用于交流接触器。

（2）按铁芯形状分为 U 形 [如图 1-2 (a) 所示] 和 E 形 [如图 1-2 (b) 和 (c) 所示]。

（3）按通过吸引线圈电流的种类可分为直流线圈和交流线圈两种。

（4）按线圈的连接方式可分为并联（电压线圈）和串联（电流线圈）两种。

电磁系统的工作情况常用吸力特性和反力特性来表示，电磁吸力由电磁机构产生，反

力则由释放弹簧和触头弹簧产生。根据磁场理论，并假定铁芯和衔铁之间气隙不大、铁芯工作在非饱和区，则电磁系统的电磁吸力为

$$F = \frac{10^7}{8\pi} \times \frac{(IN)^2}{\delta^2} = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中 F ——电磁吸力，N（牛顿）；

I ——线圈电流；

N ——线圈匝数；

δ ——铁芯与衔铁之间的气隙宽度；

B ——气隙磁感应强度，T（特斯拉）；

S ——铁芯截面积， m^2 。

不同的电磁机构，具有不同的吸力特性。对于直流电磁机构，因外加电压和线圈电阻不变，则流过线圈的电流为常数，与磁路的气隙大小无关。根据磁路定律

$$\Phi = IN / R_m \propto 1 / R_m \quad (1-2)$$

则

$$F \propto \Phi^2 \propto 1 / R_m^2 \propto 1 / \delta^2 \quad (1-3)$$

式中 R_m ——气隙磁阻。

电磁吸力与磁阻 R_m^2 成反比，亦与气隙 δ^2 成反比，故吸力特性为二次曲线且比较陡峭，如图 1-3 的曲线 1 所示。

对于具有电压线圈的交流电磁机构，其吸力特性与直流电磁机构有所不同。设线圈外加电压 U 不变，交流电磁线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗，若电阻忽略不计，则

$$U \approx E = 4.44 f \Phi N \quad (1-4)$$

$$\Phi = \frac{U}{4.44 f N} \quad (1-5)$$

当电压频率 f 、线圈匝数 N 、外加电压 U 为常数时，气隙磁通 Φ 也为常数，由式 (1-3) 可知 F 亦为常数，但考虑到漏磁通的影响， F 随 δ 的减少略有增加，所以吸力特性比较平坦，如图 1-3 的曲线 2 所示。

相对于吸力特性而言，反力特性是指反作用力 F 与气隙 δ 的关系曲线，如图 1-3 的曲线 3 所示。为了保证使衔铁能牢牢吸合，反作用力特性必须与吸力特性配合好，即在整个吸合过程中，吸力都必须大于反作用力，体现在图 1-3 中就是吸力特性必须高于反力特性。但吸力也不能过大，吸力过大时，动、静触头接触时以及衔铁与铁芯接触时的冲击力也大，影响电器的机械寿命。在使用中常常调整反力弹簧或触头初压力以改变反力特性，使之与吸力特性有良好配合。

(二) 触头系统

触头系统由不同类型的触头组成，触头的作用是用来接通或断开被控制电路，触头的结构形式很多，其分类方法主要有以下几种。

(1) 按其所控制的电路可分为主触头和辅助触头。

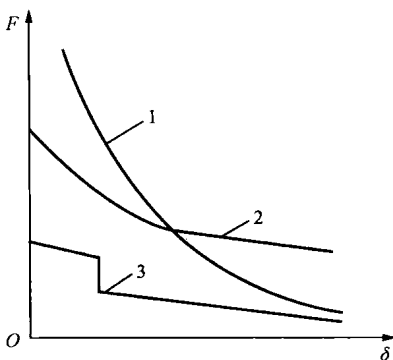


图 1-3 吸力特性与反力特性的配合
1—直流电磁铁吸力特性；2—交流电磁铁吸力特性；3—反力特性

主触头的作用是接通或分断主电路，控制较大的电流，而辅助触头用在控制电路中，以满足各种控制方式的要求，只能通过较小的电流。

(2) 按其原始状态可分为常开触头和常闭触头。原始状态时（即线圈未通电）断开，线圈通电后闭合的触头叫常开触头；原始状态闭合，线圈通电后断开的触头叫常闭触头。

(3) 按其接触形式可分为点接触、线接触和面接触三种，如图 1-4 所示。

图 1-4 (a) 为点接触触头，它由两个半球形触头或一个半球形与一个平面形触头构成，由于允许通过的电流较小，多用于辅助触头或继电器触头。图 1-4 (b) 为线接触触头，它的接触区域是一条直线。触头在通断过程中是滚动接触。可以自动清除触头表面的氧化膜，保证了接触良好、接触范围大的优点，多用于中等容量的触头，如接触器的主触头。图 1-4 (c)

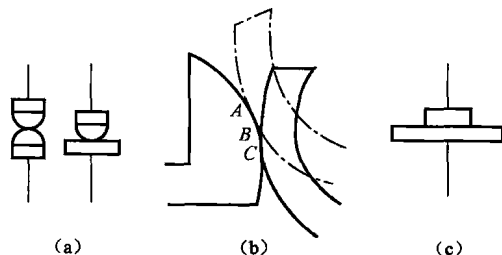


图 1-4 触头结构形式图

(a) 点接触；(b) 线接触；(c) 面接触

为面接触触头，它允许通过较大的电流。这种触头工作面大，且一般在接触表面上镶有合金，以减少触头接触电阻和提高耐磨性，多用于较大容量的主触头。

(三) 灭弧装置

当接触器触头切断电路时，若电路中的电压超过 10~12V 或电流超过 80~100mA 时，在拉开两触头的瞬间，由于两触头间距离极小，电场强度很大，触头间会产生大量的带电粒子，形成炽热的电子流，从而产生强烈火光，通常称之为电弧。这种电弧对触头损坏比较严重，因此需要采取有效的措施使电弧迅速熄灭，以保证电路和电器元件工作安全可靠。目前灭弧方法主要有以下四种。

1. 多断口灭弧

在接触器的触头上，多做几个断口，可以获得简单有效的灭弧效果。图 1-5 所示的是

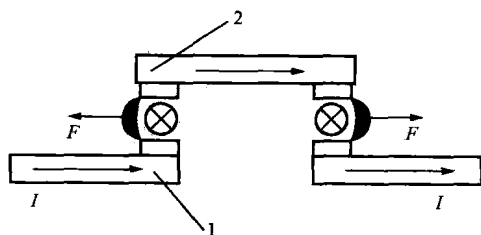


图 1-5 电动力灭弧原理

1—静触头；2—动触头

具有两个断口的桥式触头，当触头打开时，在断口处产生电弧，电弧电流在两电弧间产生磁场（图中以 \otimes 表示），根据左手定则，电弧电流要产生一个指向外侧的电动力 F ，使电弧向外运动并拉长，迅速穿越冷却介质而加快冷却并熄灭。这种触头用来灭弧，一般是在容量较小的接触器中（比如容量在 10A 以下），单独采用就可以达到比较好的效果，电弧要重燃，触头间须达到 300~500V 的电压值。

2. 灭弧栅灭弧

图 1-6 所示为灭弧栅灭弧的示意图。在触头上方的灭弧罩内，安放有数片镀铜薄钢片，片间距离为 2~3mm。一旦触头分离而产生电弧，电弧周围产生磁场，导磁的钢片将电弧吸入栅片内，且被栅片分割成许多串联的短电弧，当交流电压过零时，电弧自动熄灭。如果电弧要重燃，两栅片间必须有 150~250V 电弧压降，此电压值已很难达到。同时由于栅片的散热作用，所以电弧熄灭后就难以重燃，起到了灭弧作用。

3. 磁吹灭弧装置

图 1-7 所示为磁吹灭弧示意图，它是一种串联线圈磁吹装置。由图 1-7 可见，在触头电路中串入一吹弧线圈，它产生的磁场中磁通比较密集，经铁芯和导磁片进入电弧空间。于是，电弧在磁场力作用下，在灭弧罩内迅速向上运动（由 a-a 经 b-b 到 c-c 位置），并在熄弧角处被拉长，另一方面将热量传递给罩壁，促使电弧熄灭。由于磁吹线圈同主电路串联，所以作用于电弧的磁场力随电流的大小而改变，电弧电流越大，灭弧的能力也越强。它广泛应用于直流接触器。

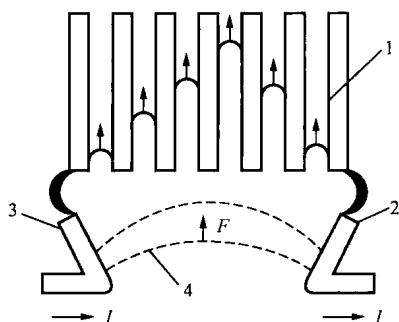


图 1-6 灭弧栅灭弧示意图

1—灭弧栅片；2—动触头；3—静触头；4—电弧

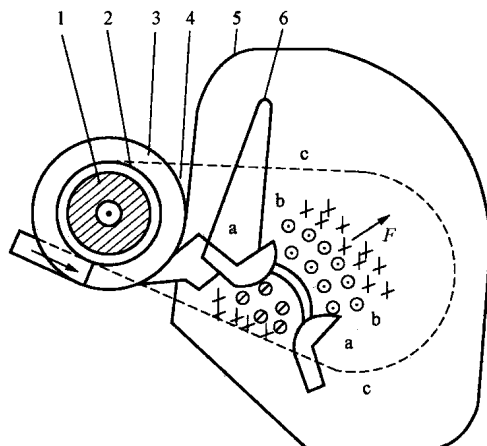


图 1-7 磁吹灭弧示意图

1—铁芯；2—绝缘管；3—吹弧线圈；
4—导磁片；5—灭弧罩；6—熄弧角

接触器的图形符号、文字符号如图 1-8 所示。

所示。

(四) 接触器的工作原理

从图 1-8 接触器的结构简图可以看出，当电磁线圈外接电源时，线圈中产生电流，于是在电磁机构的铁芯中产生磁场，根据电磁力关系，衔铁将受到一个指向铁芯端面的吸力，它立即产生位移，并带动触头动作，此时常闭触头断开，常开触头闭合，两者是互锁的。当线圈断电时，线圈中电流消失，

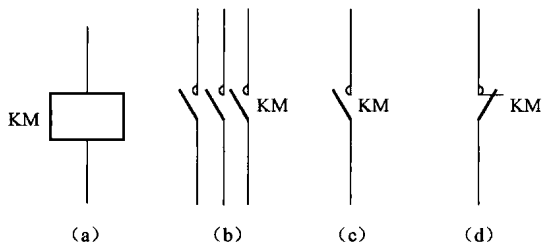


图 1-8 接触器的图形、文字符号

(a) 线圈；(b) 主触头；(c) 常开辅助触头；
(d) 常闭辅助触头

电磁吸力也随之消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触头复原，此时常开触头断开，常闭触头闭合。

二、交、直流接触器的特性

接触器按其电磁线圈所加的电压不同可分为交流接触器和直流接触器两种。

(一) 交流接触器

交流接触器的线圈通入的是交流电，使主触头接通或者断开交流主电路。

由于交流接触器线圈所加的电压是交变的，因此这个电压产生的电流和磁场也是交变的，故当磁通过零附近时，电磁吸力比较小，它不能有效克服复位弹簧产生的反作用力，衔铁不能牢固地与铁芯接触而向复位方向移动，离开铁芯端面。而当磁通过零后电磁吸力

又增大，当吸力大于反力时，衔铁马上又被吸合到铁芯端面。这样，交流电源频率的变化，使衔铁往复运动与铁芯端面碰撞，从而产生强烈振动和噪声，这种振动不仅给线圈和接触器其他零件带来损坏，同时，噪声还会影响工作人员的情绪，因此必须有效克服它。

解决上述问题的有效方法是在交流接触器铁芯端面上安装一个铜制的短路环，短路环包围铁芯端面约 2/3 的面积，如图 1-9 所示。这样可以使上述衔铁的振动得到满意的解决。原理如下：当交变磁通穿过短路环所包围的截面积 S_2 在环中产生涡流时，根据电磁感应定律，此涡流产生的磁通 ϕ_2 在相位上落后于短路环外铁心截面 S_1 中的磁通 ϕ_1 ，由 ϕ_1 、 ϕ_2 产生的电磁吸力为 F_1 、 F_2 ，作用在衔铁上的合成电磁吸力是 $F_1 + F_2$ ，只要此合力始终大于其反力，衔铁就不会产生振动和噪声。

交流接触器的灭弧装置通常采用灭弧罩和灭弧栅进行灭弧。

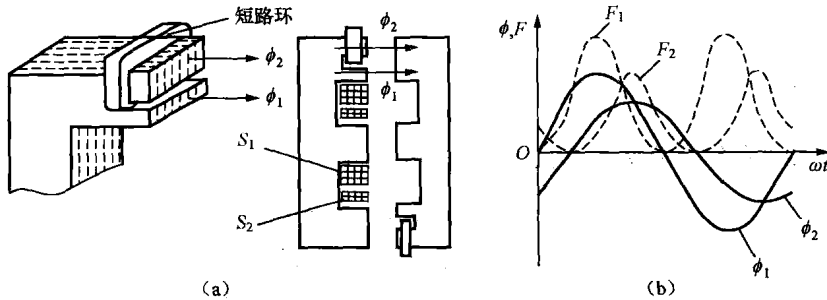


图 1-9 交流接触器铁芯的短路环

(a) 结构图；(b) 电磁吸力图

(二) 直流接触器

直流接触器线圈通入的是直流电，使主触头接通或者切断直流主电路。

对于 250A 以上的直流接触器往往采用串联双绕组线圈，直流接触器双绕组线圈接线图如图 1-10 所示。图 1-10 中，线圈 1 为启动线圈，线圈 2 为保持线圈，接触器的一个常闭辅助触头与保持线圈并联连接。在电路刚接通瞬间，保持线圈被常闭触头短接，可使启动线圈获得较大的电流和吸力。当接触器动作后，常闭触头断开，两线圈串联通电，由于电源电压不变，所以电流减小，但仍可保持衔铁吸合，因而可以节电和延长电磁线圈的使用寿命。

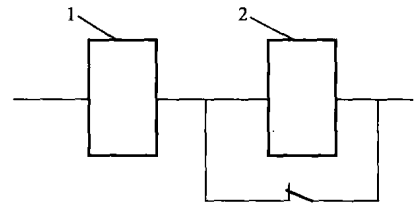


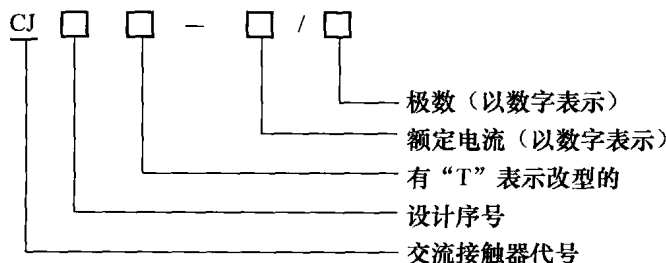
图 1-10 直流接触器双绕组线圈接线图

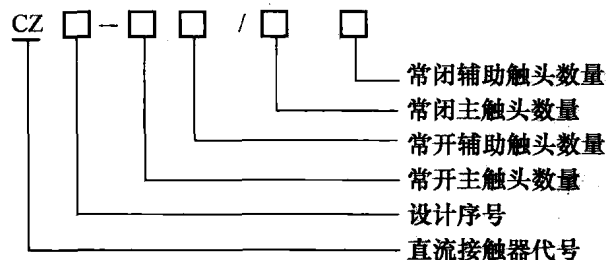
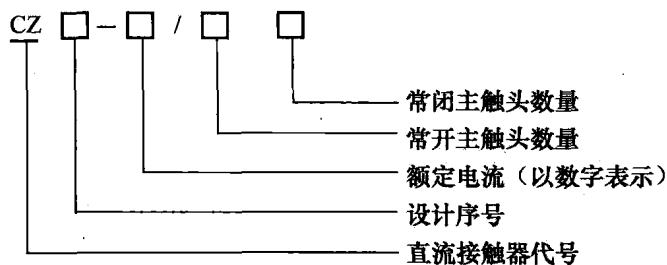
直流接触器灭弧比较困难，一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

三、接触器的主要技术数据

(一) 接触器的型号及代表意义

接触器的型号及代表意义如下所示：





常用的 CJ20 系列交流接触器技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 CJ20 系列交流接触器主要技术参数

型号	辅助触头额定电流 (A)	吸引线圈额定电压 (V)	主触头额定电流 (A)	主触头额定电压 (V)	可控制电动机最大功率 (kW)	每小时操作循环次数 (次/h)	机电寿命 (万次)
CJ20-10	5	交流 50Hz 时: 220V、 380V、660V; 直流时: 110V、220V	10	380/220	4/2.2	1000/100	1200
CJ20-16			16		7.5/4.5		
CJ20-25			25		11/5.5		
CJ20-40			40		22/11		
CJ20-63			63		30/18	600/120	1200
CJ20-100			100		50/28		
CJ20-160			160		85/48		
CJ20-250			250		132/80		
CJ20-600	600	220/115	300/60	600			

常用的 CZ0 系列直流接触器技术参数如表 1-2 所示。

表 1-2 CZ0 系列直流接触器主要技术参数

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定操作频率 (次/h)	主触头级数		最大分断电流 (A)	辅助触头形式及数目		吸引线圈功率 (W)
				动合	动断		动合	动断	
CZ0-40/20	440	40	1200	2	—	160	2	2	22
CZ0-40/02		40	600	—	2	100	2	2	24
CZ0-100/10		100	1200	1	—	100	2	2	24
CZ0-100/01		100	600	—	1	250	2	1	24
CZ0-100/20		100	1200	2	—	400	2	2	30
CZ0-150/10		150	1200	1	—	600	2	1	30
CZ0-150/01		150	600	—	1	375	2	1	25
CZ0-150/20		150	1200	2	—	600	2	2	40

续表

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定操作 频率 (次/h)	主触头级数		最大分断 电流 (A)	辅助触头形式及数目		吸引线圈功率 (W)
				动合	动断		动合	动断	
CZ0-250/10	440	250	600	1	—	1000	5 (其中 1 对动合, 另 4 对可任意组合成 动合或动断)	31	
CZ0-250/20		250	600	2	—	1000		40	
CZ0-400/10		400	600	1	—	1600		28	
CZ0-400/20		400	600	2	—	1600		43	
CZ0-600/10		600	600	1	—	2400		50	

(二) 额定电压

接触器的额定电压是指主触头的额定电压，应等于负载的额定电压。通常电压等级分为交流接触器 380、660V 及 1140V；直流接触器 220、440、660V。

(三) 额定电流

接触器的额定电流是指主触头的额定电流，通常电流等级分为交流接触器 5、10、20、40、60、100、150、250、400A 和 600A，直流接触器为 25、40、60、100、150、250、400A 和 600A。

(四) 触头数目

接触器的触头数目应能满足控制线路的要求。各种类型的接触器触头数目不同。交流接触器的触头有三对（常开触头），一般有四对辅助触头（两对常开触头、两对常闭触头），最多可达到六对辅助触头（三对常开触头、三对常闭触头）。直流接触器主触头一般有两对（常开触头）；辅助触头有四对（两对常开触头、两对常闭触头）。

(五) 线圈的额定电压

电磁线圈的额定电压等于控制回路的电源电压，通常电压等级分为交流线圈 36、127、220、380V，直流线圈 24、48、110、220V。选用时一般交流负载用交流接触器，直流负载用直流接触器，但对于频繁动作的交流负载，可选用带直流电磁线圈的交流接触器。

(六) 额定操作频率

接触器额定操作频率是指接触器每小时的接通次数。通常交流接触器为 600 次/h，直流接触器为 1200 次/h。

⑦ 第三节 继电器

继电器是根据一定的信号（如电流、电压、时间和速度等物理量）的变化来接通或分断小电流电路和电器的自动控制电器，主要用于控制与保护电路中，根据它自身的触头通断，达到预定的控制目的或提供一定的保护。

由于它的使用特点，使得继电器的种类很多，常用的分类方法也很多，主要有以下几种：

(1) 按用途分为控制继电器和保护继电器。

(2) 按动作原理分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器、热继电器、时间继电器、光电式继电器和压电式继电器等。

(3) 按反应激励量的不同可分为交流继电器、直流继电器、电压继电器、电流继电器、

中间继电器、时间继电器和速度继电器等。

一、电磁式继电器

电磁式继电器的种类很多，如前所述的电压继电器、中间继电器、电流继电器等都属于电磁式继电器。

(一) 电磁式继电器的结构与工作原理

电磁式继电器在结构上是由电磁机构、触头和释放弹簧等组成的，其原理图如图 1-11 所示，工作原理与接触器相似，当通过电流线圈 9 的电流超过某一定值，电磁吸力大于反作用弹簧力，衔铁 6 吸合并带动绝缘支架动作，使动断触头 10 断开，动合触头 11 闭合。通过调节螺钉 4 来调节反作用力的大小，即调节继电器的动作参数值。值得注意的是，由于流过继电器触头的电流比较小，且触头的数量较多，没有专门的灭弧装置，所以继电器只能用于控制电路。电磁式继电器的图形、文字符号如图 1-12 所示。

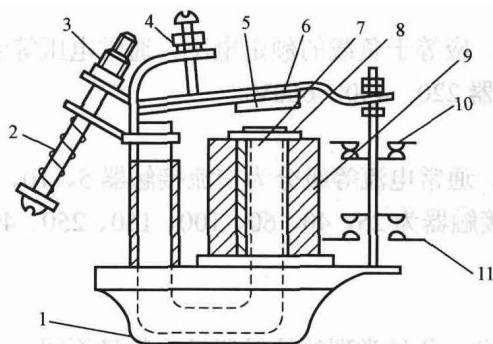


图 1-11 电磁式继电器原理图

1—底座；2—反力弹簧；3、4—调节螺钉；5—非磁性垫片；6—衔铁；7—铁芯；8—极靴；9—线圈；10—动断触头；11—动合触头

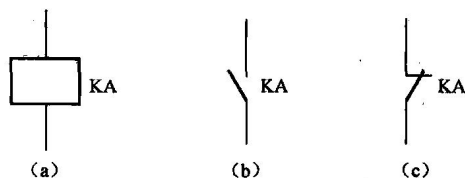


图 1-12 电磁式继电器图形、文字符号

(a) 线圈；(b) 常开触头；(c) 常闭触头

(二) 电磁式继电器的特性

继电器的主要特性是输入—输出特性，即继电特性，图 1-13 所示的曲线为电磁式继电器的特性曲线。

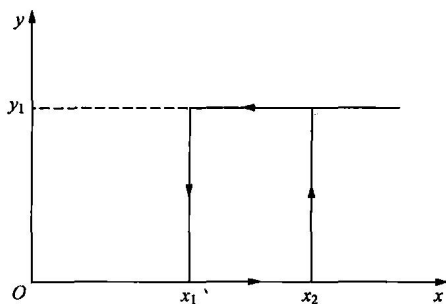


图 1-13 继电特性曲线

在输入量 x 由零增至 x_2 以前，继电器输出量 y 为零。当输入量增加到 x_2 时，输出量 y 由零突变到 y_1 ，此时继电器吸合，输出量为 y_1 ，若 x 再增大， y_1 值保持不变。当 x 从大于 x_2 的值减小到 x_1 时，输出量由 y_1 突变到零，此时继电器释放， x 再减小， y 值保持零不变。

由这个工作过程可见， x_1 与 x_2 的值不相等， x_1 称为继电器释放值， x_2 称为继电器吸合值。

定义 $k = x_1 / x_2$ 称为继电器的返回系数，它是继电器的重要参数之一。可以通过设计不同的 k 值，得到不同用途的继电器。例如，用继电器来监测电源电压是否正常，以达到保证控制电路不被损坏或正常工作。当电源电压等于 V_2 时，电路供电；当电源电压低于 V_1 时，要求供电电源截断。这样，就可以设计继电器的 $K = \frac{V_1}{V_2}$ ，用这种继电器作为保护继电器使用（用继电器触头的通断控制电源接通或断开）。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接受电信号到衔铁完全

吸合所需的时间；释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 0.05~0.15s，快速继电器为 0.005~0.05s，它的大小影响继电器的操作频率。

(三) 电磁式继电器的主要技术数据

常用的国产电磁式继电器有 JL3、JL7、JL9、JL12、JL14、JL15、JT3、JT4、JT9、JT10、JZ1、JZ7、JZ8、JZ14、JZ15、JZ17 等系列，这里仅对电压、电流、中间继电器作简单介绍。

1. JL18 系列电磁式电流继电器

其型号示意如下：

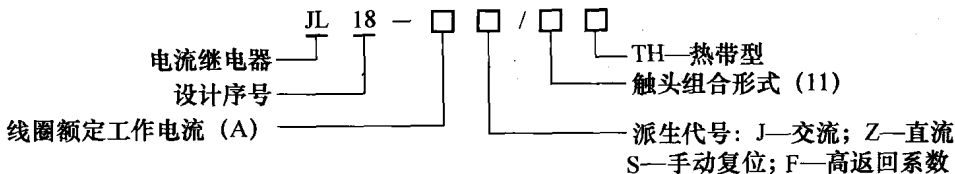


表 1-3 列出了 JL18 系列交直流电流继电器技术参数。

表 1-3 JL18 系列交直流电流继电器主要技术参数

型 号	线 圈 额 定 值		结 构 特 征
	工作电压 (V)	工作电流 (A)	
JL18-1.0	AC 380 DC 220	1.0	触头工作电压 AC 380V、 DC 220V 发热电流 10A 可自动及手 动复位
JL18-1.6		1.6	
JL18-2.5		2.5	
JL18-4.0		4.0	
JL18-6.3		6.3	
JL18-10		10	
JL18-16		16	
JL18-25		25	
JL18-40		40	

2. JT4 系列电磁式交流通用继电器

本系列产品可用作交流电压继电器和交流电流继电器。表 1-4 列出了 JZ7 系列继电器技术参数。用作电压继电器时，线圈电压有 110、127、220、380V 四种。

表 1-4 JZ7 系列电压继电器主要技术参数

型号	触头额定电压 (V)	触头额定电流 (A)	触头对数		吸引线圈额定电压 (V)	操作频率 (次/h)	机电寿命 (万次)
			常开	常闭			
JZ7-22	500	5	2	2	交流 50Hz 时为 12、36、127、220、 380	300/100	1200
JZ7-41			4	1			
JZ7-44			4	4			
JZ7-62			6	2			
JZ7-80			8	0			